



ЗРГИМ

**VIII СТРУЧНО СОВЕТУВАЊЕ СО
МЕЃУНАРОДНО УЧЕСТВО**

ПОДЕКС – ПОВЕКС '15

**13 ÷ 15. 11. 2015 година
Крушево**

**ТЕХНОЛОГИЈА НА ПОДЗЕМНА И ПОВРШИНСКА
ЕКСПЛОАТАЦИЈА НА МИНЕРАЛНИ СУРОВИНИ**

ЗБОРНИК НА ТРУДОВИ

Зборник на трудови:

ТЕХНОЛОГИЈА НА ПОДЗЕМНА И ПОВРШИНСКА ЕКСПЛОАТАЦИЈА НА МИНЕРАЛНИ СУРОВИНИ

Издавач:

Здружение на рударски и геолошки инженери на Република Македонија

www.zrgim.org.mk

Главен и одговорен уредник:

Проф. д-р Зоран Десподов

Уредник:

Асс. д-р Стојанче Мијалковски

За издавачот:

Горан Сарафимов, дипл.руд.инж.

Техничка подготовка:

Асс. д-р Стојанче Мијалковски

Изработка на насловна страна:

м-р Ванчо Ациски

Печатница:

Калиографос, Штип

Година:

2015

Тираж:

130 примероци

CIP - Каталогизација во публикација

Национална и универзитетска библиотека "Св. Климент Охридски", Скопје

622.22/23:622.3(062)

СТРУЧНО советување со меѓународно учество ПОДЕКС-ПОВЕКС'14 (7; 2014; Радовиш)

Технологија на подземна и површинска експлоатација на минерални сировини: зборник на трудови / VII стручно советување со меѓународно учество ПОДЕКС-ПОВЕКС'14 14-15.11.2014 година

Радовиш; [главен и одговорен уредник Зоран Десподов, Ристо Дамбов]. - Скопје:

Здружение на рударски и геолошки инженери на Република Македонија, 2014-328 стр.: илустр.; 30 см

Abstracts кон трудовите. - Библиографија кон трудовите

ISBN 978-608-65530-3-6

Сите права и одговорности за одпечатените трудови ги задржуваат авторите. Не е дозволено ниту еден дел од оваа книга биде репродуциран, снимен или фотографиран без дозвола на авторите и издавачот.



ОРГАНИЗАТОР:

**ЗДРУЖЕНИЕ НА РУДАРСКИТЕ И ГЕОЛОШКИТЕ
ИНЖЕНЕРИ НА РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА**

www.zrgim.org.mk



КООРГАНИЗАТОР:

**УНИВЕРЗИТЕТ “ГОЦЕ ДЕЛЧЕВ” - ШТИП
ФАКУЛТЕТ ЗА ПРИРОДНИ И ТЕХНИЧКИ НАУКИ
ИНСТИТУТ ЗА РУДАРСТВО**

НАУЧЕН ОДБОР:

Проф. д-р **Зоран Десподов**, УГД, ФПТН, Штип, Р. Македонија;
Проф. д-р **Зоран Панов**, УГД, ФПТН, Штип, Р. Македонија;
Проф. д-р **Дејан Миравски**, УГД, ФПТН, Штип, Р. Македонија;
Проф. д-р **Тодор Делипетров**, УГД, ФПТН, Штип, Р. Македонија;
Проф. д-р **Благој Голомеов**, УГД, ФПТН, Штип, Р. Македонија;
Проф. д-р **Орце Спасовски**, УГД, ФПТН, Штип, Р. Македонија;
Проф. д-р **Милош Грујиќ**, Институт за испитување на материјали, Белград, Р. Србија;
Проф. д-р **Ивица Ристовиќ**, РГФ, Белград, Р. Србија;
Проф. д-р **Витомир Милиќ**, Технички факултет во Бор, Р. Србија;
Проф. д-р **Петар Даскалов**, Научно – технички сојуз за рударство, геологија и металургија, Софија, Р. Бугарија;
д-р **Кремена Дедељанова**, Научно – технички сојуз за рударство, геологија и металургија, Софија, Р. Бугарија;
м-р **Саша Митиќ**, Рударски Институт, Белград, Р. Србија.

ОРГАНИЗАЦИОНЕН ОДБОР:

Претседател:

Проф. д-р **Зоран Десподов**, УГД, ФПТН, Штип.

Потпретседатели:

Проф. д-р **Зоран Панов**, УГД, ФПТН, Штип;
м-р **Кирчо Минов**, Рудник за бакар “Бучим”, Радовиш.

Генерален секретар:

м-р **Горан Сарафимов**, ЗРГИМ, Кавадарци.

ЧЛЕНОВИ НА ОРГАНИЗАЦИОНИОТ ОДБОР:

Асс. д-р **Стојанче Мијалковски**, УГД, ФПТН, Штип;
Љупчо Трајковски, ЗРГИМ, Кавадарци;
Мице Тркалески, Мермерен комбинат, Прилеп;
Зоран Костоски, Мармо Бианко, Прилеп;
Шериф Алиу, ЗРГИМ, Кавадарци;
Драган Димитровски, Државен инспекторат за техничка инспекција, Скопје;
Филип Петровски, ИММ Рудник “Злетово”, Пробиштип;
Љупче Ефнушев, Министерство за економија, Скопје;
м-р **Борче Гоцевски**, Рудник “САСА”, М. Каменица;
м-р **Благоја Георгиевски**, АД ЕЛЕМ, РЕК Битола, ПЕ Рудници, Битола;
м-р **Сашо Јовчевски**, ЗРГИМ, Кавадарци;
м-р **Горан Стојкоски**, Рудник “Бела Пола”, Прилеп;
м-р **Костадин Јованов**, Геолошки завод на Македонија, Скопје;
м-р **Трајче Бошевски**, Рудпроект, Скопје;
Чедо Ристовски, Рудник “САСА”, М. Каменица;
Антонио Антевски, ИММ Рудник “Тораница”, К. Паланка;
Драган Насевски, ГИМ, Скопје;
Миле Стефанов, Рудник “Бањани”, Скопје;
Живко Калевски, Рудник “Осломеј”, Кичево;
Марија Петровска, Стопанска Комора, Скопје;
Проф. д-р **Борис Крстев**, УГД, ФПТН, Штип;
Проф. д-р **Мирјана Голомеова**, УГД, ФПТН, Штип;
Проф. д-р **Ристо Дамбов**, УГД, ФПТН, Штип;
Доц. д-р **Николинка Донева**, УГД, ФПТН, Штип;
Доц. д-р **Ристо Поповски**, УГД, ФПТН, Штип;
Доц. д-р **Марија Хаџи-Николова**, УГД, ФПТН, Штип;
Асс. д-р **Афродита Зенделска**, УГД, ФПТН, Штип;
Асс. м-р **Радмила Каранакова Стефановска**, УГД, ФПТН, Штип.

VIII СТРУЧНО СОВЕТУВАЊЕ НА ТЕМА:
“ТЕХНОЛОГИЈА НА ПОДЗЕМНА И ПОВРШИНСКА ЕКСПЛОАТАЦИЈА
НА МИНЕРАЛНИ СУРОВИНИ”
- со меѓународно учество –

13 Ноември 2015, Крушево
Република Македонија

ОРГАНИЗАТОР:

ЗДРУЖЕНИЕ НА РУДАРСКИТЕ И ГЕОЛОШКИТЕ ИНЖЕНЕРИ
НА РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА
www.zrgim.org.mk

КООРГАНИЗАТОР:

УНИВЕРЗИТЕТ “ГОЦЕ ДЕЛЧЕВ” – ШТИП
ФАКУЛТЕТ ЗА ПРИРОДНИ И ТЕХНИЧКИ НАУКИ
ИНСТИТУТ ЗА РУДАРСТВО
www.ugd.edu.mk



ЗРГИМ

VIII СТРУЧНО СОВЕТУВАЊЕ НА ТЕМА:

“Технологија на подземна и површинска експлоатација на минерални сировини”

ПОДЕКС – ПОВЕКС '15

Крушево

13 ÷ 15. 11. 2015 год.

ПРЕДГОВОР

Меѓународното стручно советување за подземната експлоатација на минералните сировини (ПОДЕКС), за првпат се одржа на 06.12.2007 год. во Пробиштип во организација на Сојузот на Рударските и Геолошките Инженери на Македонија (СРГИМ).

Од 2012 година советувањето е проширено со трудови од површинската експлоатација на минерални сировини и е именувано како ПОДЕКС-ПОВЕКС.

Стручното советување, на тема: технологија на подземна и површинска експлоатација на минерални сировини, традиционално се одржува секоја година во месец ноември. На ова советување земаат учество голем број на стручни лица од: рударската индустрија, универзитетите, научно-истражувачките и проектантските организации, производителите на опрема и др.

На досегашните седум советувања (2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012 и 2014 год.) учествуваа повеќе автори од 8 држави, кои презентираа 184 стручни трудови.

За ова осмо советување (ПОДЕКС - ПОВЕКС '15) пријавени се 27 труда, на автори од 3 држави.

Големиот број на трудови од домашните автори произлезе како резултат на научно-истражувачката работа реализирана на високообразовните институции во Р. Македонија. Меѓутоа, посебно не радува учеството на автори од непосредното рударско производство, кои што презентираат постигнати резултати во рударската пракса.

Се надеваме дека традицијата за собирање на сите специјалисти од областа на подземната и површинската експлоатација на минералните сировини, ќе продолжи и дека во идниот период ова советување ќе прерасне во меѓународен симпозиум.

Уредници



AMGEM

VIIIrd EXPERT CONFERENCE THEMED:

“Technology of underground and surface mining of mineral raw materials”

PODEKS - POVEKS '15

Krusevo

13 ÷ 15. 11. 2015.

FOREWORD

The International expert conference on underground mining of mineral raw materials (PODEKS), organized by the Association of Mining and Geology Engineers of Macedonia (AMGEM), was first held on 06.12.2007 in Probishtip.

Since 2012, in this counseling, surface exploitation of mineral resources is included too, and it is called PODEKS-POVEKS.

This expert conference called: Technology of underground and surface mining of mineral raw materials, traditionally, has been organized annually during November. A number of experts from the mining industry, universities, research institutions, planning companies, and equipment manufacturing companies participate in this conference.

Many authors from 8 countries participated in the previous seven conferences (2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012 and 2014) presenting 184 expert papers.

Twenty-seven authors from 3 countries have registered their expert papers for the VIIIth conference (PODEKS - POVEKS '15).

The large number of expert papers from the domestic authors has emerged as a result of the research work carried out at the higher education institutions in the Republic of Macedonia. We are particularly delighted by the participation of the authors involved in the immediate mining production who will be presenting the achieved results in the mining practice.

We hope that the tradition of gathering of all specialists from the field of underground and surface mining of mineral raw materials will continue and that this conference will grow up to an international conference in the future.

The Editors



ЗРГИМ
Здружение на
рударски и
геолошки инженери
на Македонија

VIII СТРУЧНО СОВЕТУВАЊЕ НА ТЕМА:

**Технологија на подземна и површинска експлоатација
на минерални сировини**

ПОДЕКС – ПОВЕКС '15

**Крушево
13 ÷ 15. 11. 2015 год.**

СОДРЖИНА

ИЗМЕНА И ДОПОЛНУВАЊЕ НА ЗАКОНОТ ЗА РУДАРСТВО И ГЕОЛОШКИ ИСТРАЖУВАЊА ВО РЕПУБЛИКА СРБИЈА – ЕКСПЛОАТАЦИЈА НА МИНЕРАЛНИ СУРОВИНИ * <i>Саша Митиќ, Ненад Макар</i>	1
ХЕМИСКИ И МОРФОЛОШКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ЗЛАТО ОД АЛУВИОНИ ВО Р. МАКЕДОНИЈА * <i>Виолета Стефанова, Војо Мирчевски, Тена Шијакова-Иванова, Ѓоше Петров, Виолета Стојанова</i>	7
МИНЕРАЛОШКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ГРАНАТИТЕ ОД ПРИЛЕПЕЦ, РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА * <i>Тена Шијакова-Иванова, Војо Мирчевски, Виолета Стефанова, Оливер Каревски</i>	15
ЛИТОСТРАТИГРАФСКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ПЛИОЦЕНСКИТЕ И КВАРТЕРНИТЕ СЕДИМЕНТИ ВО ЛАКАВИЧКИОТ ГРАБЕН * <i>Ѓоше Петров, Виолета Стојанова</i>	20
ОКСИДНОТО ОРУДНУВАЊЕ ВО РУДНОТО ТЕЛО ВРШНИК, РУДНИК БУЧИМ, ВАЖНА СУРОВИНА ЗА ИНСТАЛАЦИЈАТА ЗА ЛУЖЕЊЕ НА БАКАР * <i>Кирил Филев, Лазар Ѓоргиев, Виолета Стефанова</i>	26
МОЖНОСТИ ЗА КОРИСТЕЊЕ НА ТРАВЕРТИНОТ ПОЛИЧЕ СЕЛО МАНАСТИР (ЗАПАДНА МАКЕДОНИЈА) КАКО АРХИТЕКТОНСКИ КАМЕН * <i>Орце Спасовски, Даниел Спасовски</i>	35
ИСКОРИСТУВАЊЕ НА ТРИЈАСКИТЕ ВАРОВНИЦИ ОД ЛОКАЛИТЕТОТ РЗАЧКИ КАМЕН КАКО СУРОВИНА ЗА ГРАДЕЖНО-ТЕХНИЧКИ КАМЕН * <i>Војо Мирчевски, Ѓорѓи Димов, Тена Шијакова – Иванова</i>	42
ГЕОФИЗИЧКИТЕ МЕТОДИ ВО ФУНКЦИЈА НА ИСТРАЖУВАЊЕ НА МИНЕРАЛНИ СУРОВИНИ * <i>Владимир Маневски, Благица Донева, Марјан Делипетрев, Крсто Блажев, Ѓорѓи Димов</i>	49
ГЕОТЕРМИЈА И ГЕОТЕРМАЛНИ ПОЛИЊА * <i>Марјан Делипетрев, Крсто Блажев, Благица Донева, Ѓорѓи Димов, Александра Ристеска, Ана Митановска</i>	56

ГЕО – ЕЛЕКТРИЧНОТО СОНДИРАЊЕ ВО ФУНКЦИЈА НА ДЕФИНИРАЊЕ НА ГЕОЛОШКИОТ МОДЕЛ НА СРЕДИНАТА * Горан Славковски, Марјан Бошков, Владимир Маневски, Марјан Делипетрев, Благој Делипетрев.....	61
КОРЕЛАЦИЈА НА РЕЗУЛТАТИТЕ ОД ГЕОМЕХАНИЧКИТЕ И СЕИЗМИЧКИТЕ ИСТРАЖУВАЊА ЗА СТАБИЛНОСТА НА РАБОТНИТЕ КОСИНИ ВО РУДНИКОТ ЗА ЈАГЛЕН ”СУВОДОЛ” * Страше Маневски, Зоран Панов, Тодор Делипетров, Владимир Маневски, Марјан Делипетрев.....	68
МЕТОДА ПРИМЕНЕТА ЗА АНАЛИЗА НА СТАБИЛНОСТА НА КОСИНИТЕ ВО ПОВРШИНСКИТЕ КОПОВИ ЗА ЈАГЛЕН * Идавер Хусеини, Љупче Димитриевиќ, Асан Идризи, Неџми Красничи, Јонуз Мемети.....	76
МИНИРАЊЕ ВО ПОДЗЕМНАТА ЕКСПЛОАТАЦИЈА * Николинка Донева, Зоран Десподов, Дејан Мираковски, Марија Хаџи-Николова, Стојанче Мијалковски.....	83
ЗНАЧЕЊЕ И УЛОГА НА ЗАЧЕПУВАЊЕТО НА МИНСКИТЕ ДУПЧОТИНИ * Ристо Дамбов, Радмила Каранакова Стефановска.....	92
ПРАВЕЦ НА ДЕТОНАЦИЈА И СЕИЗМИЧНОСТ * Благица Донева, Ѓорѓи Димов, Тодор Делипетров, Зоран Панов, Ристо Поповски, Виолета Стојанова.....	98
ПРИДОНЕС НА “DZINO PLAST” ПАТРОНИРАНИТЕ ГЛИНЕНИ ЧЕПОВИ ВО ОПТИМИЗАЦИЈАТА НА ДУПЧАЧКО МИНЕРСКИТЕ РАБОТИ ВО РУДНИКОТ ЗА ОЛОВО И ЦИНК “САСА” * Дејан Ивановски, Стојанче Мијалковски.....	104
ОПЕРАЦИОНИ ПАРАМЕТРИ НА ПОДЗЕМНАТА ГАСИФИКАЦИЈА НА ЈАГЛЕНИ * Радмила Каранакова Стефановска, Зоран Панов, Ристо Дамбов, Ристо Поповски.....	110
НАЧИН ЗА ОДРЕДУВАЊЕ НА ПОКАЗАТЕЛИТЕ ЗА ИСКОРИСТУВАЊЕТО И ОСИРОМАШУВАЊЕТО НА РУДАТА * Стојанче Мијалковски, Зоран Десподов, Дејан Мираковски, Николинка Донева, Марија Хаџи-Николова.....	118
ПОВЕЌЕКРИТЕРИУМСКА АНАЛИЗА ЗА ИЗБОР НА ОПТИМАЛЕН ВИД НА ДАМПЕР ЗА УСЛОВИ ВО РУДНИКОТ “БУЧИМ” * Зоран Десподов, Тодор Чемеровски, Кирчо Минов.....	126
УПОТРЕБА НА “БУСТЕР” ВЕНТИЛАТОРИ ВО РУДНИЦИ СО ПОДЗЕМНА ЕКСПЛОАТАЦИЈА * Дејан Мираковски, Ѓорѓи Везенковски, Борче Гоцевски, Чедо Ристовски.....	134
ВИЗУАЛИЗАЦИЈА И СИМУЛАЦИЈА НА ПЛАНОВИТЕ ЗА ЕВАКУАЦИЈА И СПАСУВАЊЕ ВО СЛУЧАЈ НА ПОЖАР ВО РУДНИЦИТЕ ЗА ПОДЗЕМНА ЕКСПЛОАТАЦИЈА * Ванчо Аџиски, Игор Максимов.....	140
ПОТРЕБА ЗА СПРОВЕДУВАЊЕ НА ПОСТАПКАТА ЗА ОЦЕНА НА ВЛИЈАНИЕТА ВРЗ ЖИВОТНАТА СРЕДИНА ОД ИЗГРАДБА НА ХИДРОЈАЛОВИШТЕ БР.4 НА РУДНИК САСА * Марија Стојановска, Катерина Николовска, Стојан Глигоров.....	149
ЗНАЧЕЊЕ, ФУНКЦИЈА И НАЧИНИ НА РЕКУЛТИВАЦИЈА ПРИ РУДНИЧКАТА ЕКСПЛОАТАЦИЈА * Ристо Дамбов.....	158

ОСТВАРУВАЊЕ НА НУЛА ЕМИСИЈА НА РУДНИЧКИ ВОДИ ОД РУДНИК САСА * Дејан Мираковски, Николинка Донева, Марија Хаџи-Николова, Борче Гоцевски.....	166
МОНИТОРИНГ НА ВОДИТЕ ОКОЛУ ДРЕНАЖНИОТ СИСТЕМ НА РУДНИКОТ ЗА БАКАР БУЧИМ И ИНСТАЛАЦИЈАТА ЗА ЛУЖЕЊЕ НА БАКАР * Герасим Конзулов, Саре Сарафилоски, Далибор Серафимовски, Горан Тасев.....	174
ПРИМЕНА НА ЗЕОЛИТИЗИРАН ТУФ ЗА ОТСТРАНУВАЊЕ НА ТЕШКИ МЕТАЛИ ОД ЗАГАДЕНИ РУДНИЧКИ ВОДИ * Мирјана Голомеова, Афродита Зенделска, Крсто Блажев, Борис Крстев, Благој Голомеов.....	182
ПРИМЕНА НА ПРАВИЛАТА ЗА ЗАШТИТА ОД НАПОН НА ДОПИР ВО РУДАРСТВОТО * Јанко Ефремоски, Михајло Поп-Андов.....	189



ЗРГИМ
Здружение на
рударски и
геолошки инженери
на Македонија

VIII СТРУЧНО СОВЕТУВАЊЕ НА ТЕМА:

Технологија на подземна и површинска експлоатација
на минерални сировини

ПОДЕКС – ПОВЕКС '15

Крушево
13 ÷ 15. 11. 2015 год.

МОНИТОРИНГ НА ВОДИТЕ ОКОЛУ ДРЕНАЖНИОТ СИСТЕМ НА РУДНИКОТ ЗА БАКАР БУЧИМ И ИНСТАЛАЦИЈАТА ЗА ЛУЖЕЊЕ НА БАКАР

**Герасим Конзулов¹, Саре Сарафилоски¹,
Далибор Серафимовски², Горан Тасев³**

¹ДПТУ “Бучим” ДОО-Радовиш, Р. Македонија

²Универзитет “Гоце Делчев”, Факултет за информатика, Штип, Р. Македонија

³Универзитет “Гоце Делчев”, Факултет за природни и технички науки,
Институт за геологија, Штип, Р. Македонија

Апстракт: Во овој труд би сакале да ги презентираме наоштите најнови резултати во поглед на контаминацијата со бакар околу дренажниот систем на рудникот за бакар Бучим и блиската постројка за лужење на бакар. Имено, во околината на рудникот Бучим биле утврдени неколку таканаречени врели-точки на контаминација, кои се манифестирале со изразен кисел карактер на рудничките води (pH 3.6-5.5) и зголемени концентрации на бакар до $800 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1} \text{ Cu}$. По изградбата на постројката за лужење и затворениот систем на води, контаминациското влијание врз површинските и подземните води значително е намалено. Позитивните ефекти во поглед на контаминацијата на животната средина, по нивната изградба, се индицирани со резултатите од мониторингот во 2012 и особено со резултатите од мониторингот во 2013 и 2014. Според резултатите од мониторингот во 2013, концентрациите на бакарот биле во опсег од <0.01 до $1.6 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1} \text{ Cu}$, додека мониторингот во 2014 покажал дури и подобри резултати со опсег од 0.01 до $0.98 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1} \text{ Cu}$ и pH 4.50÷8.40, што само по себе зборува за постигнатите позитивни ефекти од конструкцијата на постројката за лужење на бакар и зафатените дренажни води.

Клучни зборови: лужење, рудник за бакар Бучим, мониторинг, контаминација.

WATER MONITORING AROUND THE BUCHIM COPPER MINE DRAINAGE SYSTEM AND INSTALLATION FOR COPPER LEACHING

Gerasim Konzulov¹, Sare Sarafiloski¹, Dalibor Serafimovski², Goran Tasev³

¹ DPTU “Bučim” DOO-Radoviš, R. Macedonia

² University “Goce Delcev”, Faculty of Informatics, Stip, R. Macedonia

³ University “Goce Delcev”, Faculty of Natural and Technical Sciences,
Institute of geology, Stip, R. Macedonia

Abstract: In this paper we would like to present ours latest findings in regards to copper contamination around the Buchim copper mine drainage system and adjacent copper leaching facility. Namelly, several so-called polluting hot-spots around the Buchim copper mine have been determined, which manifested pronounced acidic character of mine waters

(pH 3.6-5.5) and increased copper concentrations of up to 800 mg/l Cu. After the leaching facility and closed water system were built, the influence of pollutants to surface and ground waters significantly decreased. Positive effects in regards to environmental pollution following their construction were indicated by the results of the 2012 monitoring and especially by the results of the 2013 and 2014 monitoring. According to the monitoring in 2013, copper values ranged from <0.01 to $1.6 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ Cu while 2014 monitoring have shown even better results from 0.01 to $0.98 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ Cu and pH 4.50 ± 8.40 , which itself speaks about the positive effects achieved with constructions of the copper leaching facility and engulfed drainage waters.

Keywords: leaching, Buchim copper mine, monitoring, contamination.

INTRODUCTION

The Buchim Mine has been built 35 years ago on the well-known porphyry copper deposit Buchim and during its long and continuous mine production around the mine were created surface waste dump where have been stored more than 130 Mt of waste and hydrotailing dam with more than 110 Mt of tailing. Here we would like to stress out that there are several areas at the Buchim Mine system that are of particular environmental concern: the open pit, the heap leach pad, waste dump, tailing dam and the system of underground fractures that control groundwater movement. Short term environmental concerns include the presence of cyanide and metal rich solutions in the leach pad, while the long term environmental concern is acid mine drainage. Although acid drainage is commonly associated with the extraction and processing of sulfide-bearing metalliferous ore deposits, acidic drainage can occur wherever sulfide minerals are excavated and exposed to atmospheric oxygen (Turekian, 2003). In regards to the secondary landfills (waste dump and hydrotailing dam) they for years have been considered as basic sources of anthropogenic influences and contamination of air, soils and especially waters. Here we would like to stress out that the Buchim Mine was is especially prone to the environment danger of acid mine drainage because all of the rocks there have lost their capability to buffer acids due to acid sulfide hydrothermal alteration and contrary to the fact that rocks of Buchim deposit contain less than 7%, sulfides, since no carbonates are present to counteract the acid waters, the pH remained very low. The acid mine drainage has the most potential to affect water quality in the downstream agricultural and wetland areas of the Damjan Field and Kriva Lakavica Valley. Suposed process of contamination lasted since 1979 until 2011 when below the waste dump was built copper leaching facility that for its process completely engulfed drainage waters in the area and Madenska River and river flows below were completely decontaminated. Some of the preliminary publications that have studied the issues of mine pollution at the territory of the Republic of Macedonia, including area around the Buchim Mine, can be found in Serafimovski et al., (2004), Alderton et al., (2005), Boev and Lepitkova (2005), Bermanec et al., (2005), Serafimovski et al., (2005a), Serafimovski et al., (2005b), Serafimovski et al., (2011a), Serafimovski et al., (2011b), Serafimovski et al., (2013) and Serafimovski et al., (2014). After that period studies around the Buchim Mine have been intensified and have been set monitoring points for particular hot spots around waste dump and tailing dam with associated water drainage, ambient dust monitoring, monitoring of soil contamination etc. Considering that issue there have been completed some significant studies of soil contamination such are Balabanova et al., (2009), Stafilov et al., (2010), Mihajlov et al., (2011).

1. METHODOLOGY

Samples were collected during the continuous monitoring in period from 2007 to 2010 and lately in 2013 and 2014 from the most environmentally threatening hot spots within the Buchim mine drainage system outlined below. Water was collected in polythene syringes, passed through a $0.45\mu\text{m}$ filter and transferred into polythene tubes. Water was acidified with 0.4 ml of 50% nitric acid. Conductivity and pH were measured in the field for all water

samples. Samples were stored in a cool and dark place until they were returned to the laboratory analysis. Solutions were analysed by ICP-AES or ICP-MS, depending on concentrations. A large number of analytes were determined but only those that are likely mining related and environmentally significant are presented and discussed here. The concentrations were compared to reference guidelines (Maximally Allowed Concentrations-MDK) to assess their significance.

2. MAJOR WATER CONTAMINANTS AROUND THE BUCHIM MINE AND SAMPLING LOCATIONS

In the adjacent vicinity of the Buchim Mine have been located the few important hydrological objects, waste dump, tailing dam, leaching factory and closed circuit water system (Figure1).

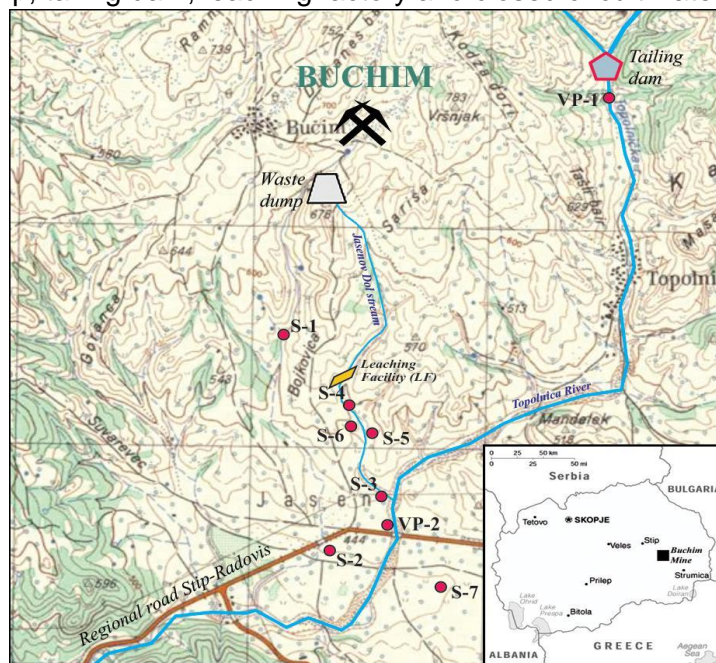


Figure 1. Topographic map of the Buchim Mine area with monitoring points

Draining waters from the mine waste are composed of meteoric waters flowing from upper parts above the mine waste pile (mine yard and Buchim village area) and passing through the mine waste, rain waters passing through the mine waste dump and flowing further downstream and ground waters infiltrating through the mine waste dump. Buchim Dol (Buchim Lake)-before the start of mine production it was built drainage system/collector, with channels around the location perimeter planned for the mine waste dump, draining into the Madenska River (Figure 2).



Figure 2. Madenska River before the construction of the leaching facility (a) and Madenska River after construction of the leaching facility (b)

Also, the hydrotailing dam is one pollutant, which drainages through the Topolnicka River. The negative influences of the Buchim pollutants clearly can be seen at the Figure 2a where the water in Madenska River is absolutely blue as a direct result of pollution.

3. RESULTS AND DISCUSSIONS FROM THE MONITORING IN 2013 AND 2014

In Table 1 are shown measured copper concentration values by months through the period 2007-2010 in samples from 5 sampling points.

Table 1. Mointoring of copper concentrations in waters around the Buchim Mine, 2007-2010

Parameter	pH	Copper ($mg \cdot l^{-1}$)	MDK Class III ($mg \cdot l^{-1}$)
VP-1	5.7÷7.5	0.0075÷0.05	0.05
VP-2	4.1÷5.9	9.8÷207.0	0.05
S-1	4.1÷5.0	8.8÷69.0	0.05
S-5/6	3.8÷4.8	16.5÷551.0	0.05
S-7	5.8÷6.7	0.002÷1.3	0.05

Note: VP-1 Hydrotailing collector; VP-2 Topolnica River, under the bridge on the Radovis-Stip road; S-1 Buchimski Dol under the dam; S-5 Jasenov Dol earthen embankment (left side); S-6 Jasenov Dol earthen embankment (right side); S-7 Drinking water well.

The highest concentrations of copper were determined at the monitoring points VP-2 (Topolnica River, under the bridge on the Radovis-Stip road, $9.8 \div 207.0 \text{ mg} \cdot l^{-1} \text{ Cu}$), S-1 (Buchimski Dol, outflow from Buchim Lake, range $8.8 \div 69 \text{ mg} \cdot l^{-1} \text{ Cu}$) and S-5/6 (Jasenov Dol creek, outflow from the mine waste dump, range $16.5 \div 551 \text{ mg} \cdot l^{-1} \text{ Cu}$). At these particular sampling points pollution used to be severe and thousand(s) of order higher than MDK Class III reference value. At VP-2 sampling point pollution was higher than standard values from 196 up to 4140 times, at S-1 from 176 up to 1380 times, while at the S-5/6 they were of highest order, from 330 up to 11010. All of them with ease can be attributed to the anthropogenically introduced factors-sources (ore excavation, waste disposal, mine processing etc.).

The latest monitoring of the ground and surface waters around the Buchim mine has been established after the construction of the copper leaching facility (Figure 3). The leaching facility has been located under the main waste dump of the Buchim mine and encompasses all the drainage surface waters from the waste dump and the Buchim mine (Figure 3). There is closed circular system for treated waters and surface waters are completely encompassed within the system (Figure 3).

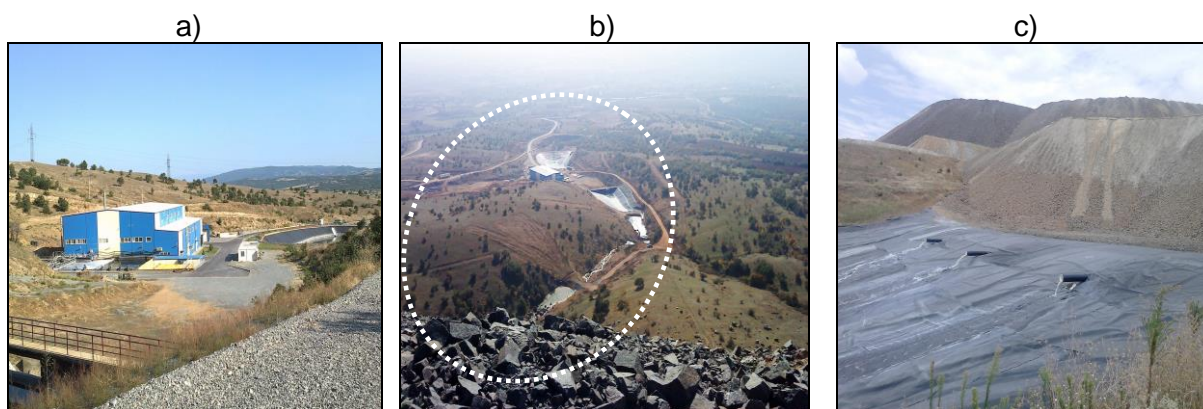


Figure 3. a) Copper leaching facility at the Buchim Mine the construction of the leaching facility; b) Panoramic view of the leaching facility and closed circuit water system; c) copper drainage from the oxide ore pile

Studied monitoring sites of established piezometers have shown significantly lower values for copper and other parameters measured in 2013 (Table 2) and 2014 (Table 3) than those in period 2007-2010 (Table 1).

Table 2. Monitoring of the copper concentrations in waters around the Buchim Mine (2013)

	March, 2013 ($mg \cdot l^{-1}$)	June, 2013 ($mg \cdot l^{-1}$)	September, 2013 ($mg \cdot l^{-1}$)	December, 2013 ($mg \cdot l^{-1}$)	MDK Class III ($mg \cdot l^{-1}$)
VP-1	0.15	0.01	0.01	0.01	0.05
VP-2	0.01	0.01	0.08	0.01	0.05
S-1	0.01	0.23	0.01	0.65	0.05
S-2	1.6	0.95	0.9	0.53	0.05
S-3	0.6	0.7	0.65	0.3	0.05
S-4	0.05	0.05	0.03	0.01	0.05
S-5	0.4	0.57	0.52	0.45	0.05
S-6	0.09	0.05	0.05	0.47	0.05
S-7	1.5	0.48	0.02	0.01	0.05

Note: VP-1 Hydrotailing collector; VP-2 Topolnica River, under the bridge on the Radovis-Stip road; S-1 Buchimski Dol under the dam; S-2 Damjan Field at the end of the Buchimski Dol; S-3 Confluence of Jasenov Dol creek into Topolnicka River; S-4 Copper leaching facility; S-5 Jasenov Dol earthen embankment (left side); S-6 Jasenov Dol earthen embankment (right side); S-7 Drinking water well.

From the data in table above it can be seen that in the majority of analyzed water samples have been determined higher concentrations than the maximally allowed concentrations (MDK) for copper in class III waters. However, we have to point that measured values given in the Table 2 above were amazingly lower than those obtained in period 2007-2010. For example values at point VP-2 were in the range 0.1 to 0.08 $mg \cdot l^{-1}$ Cu, which is a decrease in comparison to period 2007-2010 of at least 122 to 2587 times. Quite similar were improvements at sampling point S-1 with newly measured 0.01 to 0.65 $mg \cdot l^{-1}$ Cu, which is at least 13 to 106 times lower than previous, as well as at sampling point S-5/6 with newly measured 0.09 to 0.57 $mg \cdot l^{-1}$ Cu, which is at least 29 to 967 times lower than previous. Also, that there is a correlation between the measuring points and obtained copper concentrations in different periods of 2013, can be seen at the diagram below (Figure 4).

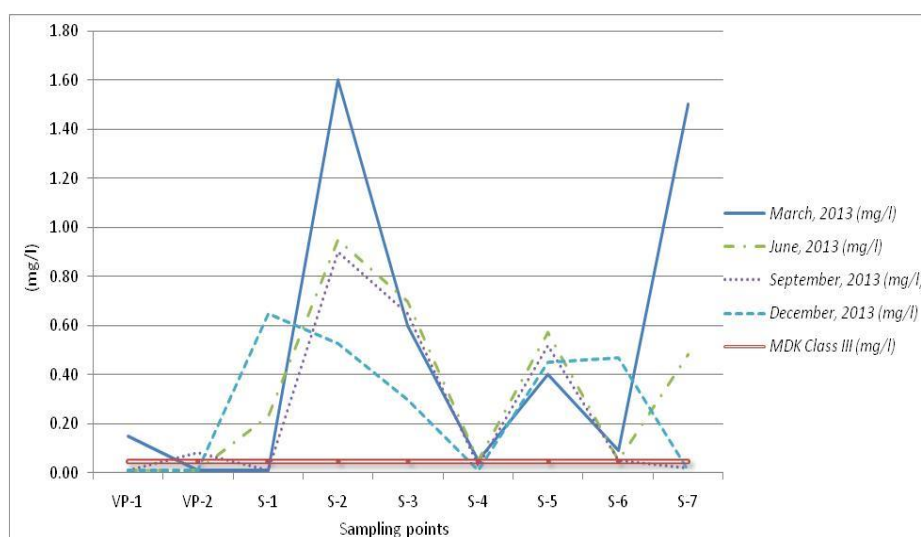


Figure 4. Diagram of copper distribution in the monitored mine drainage system waters around the Buchim copper mine throughout 2013

The latest monitoring of the ground and surface waters around the Buchim mine was performed throughout 2014 (Table 3).

Table 3. Monitoring of the copper concentrations in waters around the Buchim Mine (2014)

	March, 2014 (mg/l)	May, 2014 (mg/l)	September, 2014 (mg/l)	December, 2014 (mg/l)	MDK Class III (mg/l)
VP-1	0.03	0.01	0.01	0.01	0.05
VP-2	0.03	0.01	0.01	0.05	0.05
S-1	0.03	0.01	0.01	0.01	0.05
S-2	0.94	0.95	0.97	0.98	0.05
S-3	0.56	0.75	0.83	0.23	0.05
S-4	0.04	0.01	0.01	0.05	0.05
S-5	0.08	0.53	0.33	0.1	0.05
S-6	0.42	0.01	0.01	0.11	0.05
S-7	0.45	0.52	0.24	0.2	0.05

Note: VP-1 Hydrotailing collector; VP-2 Topolnica River, under the bridge on the Radovis-Stip road; S-1 Buchimski Dol under the dam; S-2 Damjan Field at the end of the Buchimski Dol; S-3 Confluence of Jasenov Dol creek into Topolnicka River; S-4 Copper leaching facility; S-5 Jasenov Dol earthen embankment (left side); S-6 Jasenov Dol earthen embankment (right side); S-7 Drinking water well.

As can be seen from data in table above it can be seen that in the majority of analyzed water samples have been determined higher concentrations than the maximally allowed concentrations (MDK) for copper in class III waters, but now we have at several sampling locations values below the standard. Also, we would like to point out that decrease trend noticed in 2013 continues in 2014 meaning that measured values given in the Table 3 above were still amazingly lower than those obtained in period 2007-2010. For example values at point VP-2 were in the range 0.1 to 0.03 $mg \cdot l^{-1}$ Cu, which is a decrease in comparison to period 2007-2010 of at least 326 to 6900 times. Quite similar were improvements at sampling point S-1 with newly measured 0.01 to 0.03 $mg \cdot l^{-1}$ Cu, which is at least 293 to 2300 times lower than previous, as well as at sampling point S-5/6 with newly measured 0.01 to 0.53 $mg \cdot l^{-1}$ Cu, which is at least 31 to 1039 times lower than previous. Also, previously noticed correlation (2013 data) that there is a correlation between the measuring points and obtained copper concentrations in different periods of 2014, was confirmed one again and can be seen at the diagram below (Figure 5). Also, we would like to stress out that one more trend was noticed while comparing data from 2013 and 2014.

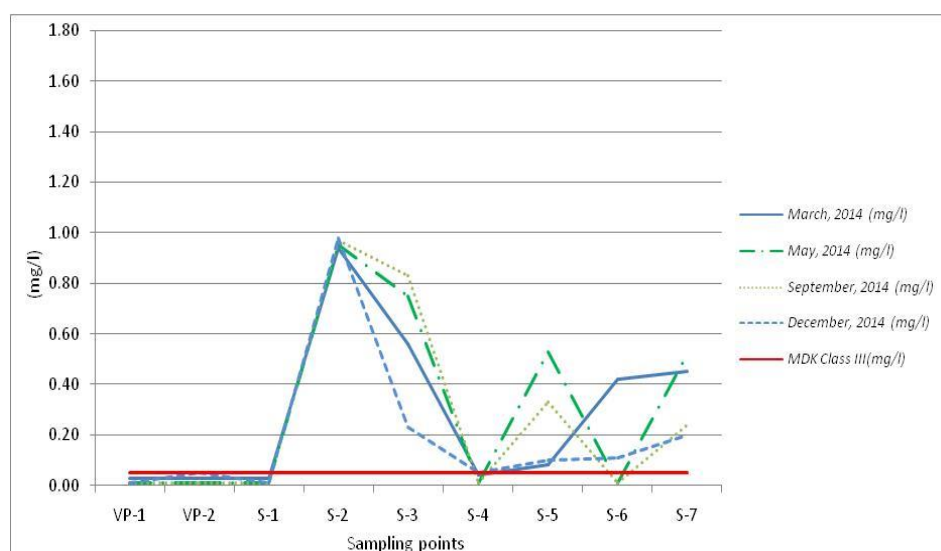


Figure 5. Diagram of copper distribution in the monitored mine drainage system waters around the Buchim copper mine throughout 2014

Namely, there is continuous decrease of values in 2014 compared to those of 2013 while at neither sampling point values haven't been higher than 1 $mg \cdot l^{-1}$ Cu (compared to maximal

1.60 $1 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ Cu in 2013), which it must certainly be welcomed in terms of environmental protection and the correct direction of development specified by the management of the Buchim Mine.

4. CONCLUSION

Several pollution hot-spots have been determined in the drainage system around the Buchim copper mine, which manifested pronounced acidic character of mine waters (pH 3.6-5.5) and increased copper concentrations of up to 800 mg/l Cu. After the leaching facility and closed circuit water system were built the influence of pollutants to surface and ground waters dramatically changed in period of few years, which has been confirmed by latest monitoring in 2013 and 2014. From the review of the monitoring of ground and surface waters, around the Buchim mine for the aforementioned period, it can be concluded that copper concentration at studied sampling points showed continuity of measured values that are slightly higher, but does not drastically differ from the MDK standards.

REFERENCES

- [1] Alderton, D.H.M., Serafimovski, T., Mullen, B., Fairall, K., James, S., 2005. The chemistry of waters associated with metal mining in Macedonia, *Mine Water Environ.*, V.24, pp.139-149.
- [2] Balabanova, B., Stafilov, T., Bačeva, K. and Šajn, R., 2009. Atmospheric pollution with copper around the copper mine and flotation, Bučim, Republic of Macedonia, using bio-monitoring moss and lichen technique. *Geologica Macedonica*, Vol. 23, pp. 35–41.
- [3] Bermanec, V., Žigovečki, Ž., Tomašić, N., Palinkaš, L., Kniewald, G. and Serafimovski, T., 2005. Stream sediment mineralogy as indicator of environmental impact of copper deposits exploitation in Buchim, Macedonia. 3rd International Workshop on the UNESCO-IGCP Project: Anthropogenic effects on the human environment in Tertiary basins in the Mediterranean, Štip, 21st October 2005, pp. 87-90.
- [4] Boev, B. and Lepitkova, S., 2005. Trace Elements in the Soils of Some Regions in the Republic of Macedonia. 2nd Inter. Workshop on UNESCO-IGCP Project Anthropogenic effects on the human environment in Tertiary basins in the Mediterranean, Ljubljana, pp. 11-15.
- [5] Mihajlov, M., Siderovski, K., Stafilov, T. and Serafimovski T., 2011. Study of evaluation of environmental pollution. Professional fund of Buchim Company-Radovish, 171 p. (in Macedonian)
- [6] Serafimovski, T., Alderton, D.H.M., Mullen, B., and Fairall, K., 2004. Pollution Associated With Metal Mining in Macedonia. 32nd International Geological Congress, Florence, Italy, Scientific Sessions: abstracts (part 1) - 362.
- [7] Serafimovski, T., Alderton, H. M. D., Dolenc, T., Tasev, G., and Dolenc, M., 2005b. Heavy metals in sediments and soils around the Bucim copper mine area. *Geologica Macedonica*, Štip. Volume 19, pp. 69-81.
- [8] Serafimovski, T., Alderton, H. M. D., Dolenc, T., Tasev, G., Dolenc, M., 2005a. Metal pollution around the Bučim Mine; 3rd International Workshop on the UNESCO-IGCP Project: Anthropogenic effects on the human environment in tertiary basins in the Mediterranean, Štip, 36–56.
- [9] Serafimovski, T., Dolenc, T., Tasev, G., Rogan-Šmuc, N., Dolenc, M. and Vrhovnik, P., 2011a. Pollution Related With Active Mines In The Eastern Macedonia. Proceedings of the 3rd Workshop on the UNESCO-IGCP Project “Anthropogenic effects on the human environment in the Neogene basins in the SE Europe”, Eds. T. Dolenc & T. Serafimovski, Ljubljana, Slovenia, pp. 43-60.
- [10] Serafimovski, T., Mihajlov, M., Siderovski, K., Tasev, G. and Konzulov, G., 2011b. Anthropogenic influence of the Buchim mine waste dump and hydrotailing to the surface and ground waters in the Lakavica basin, Macedonia. Proceedings of the 1st Workshop on the UNESCO-IGCP Project “Anthropogenic effects on the human environment in the

- Neogene basins in the SE Europe”, Eds. T. Serafimovski & B. Boev, pp. 39-52.
- [11] Serafimovski, T., Nikolov, N., Konzulov, G., Tasev, G. and Sarafiloski, S., 2013. Water monitoring around the Buchim copper mine drainage system. 13th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM, Conference Proceedings, Volume 1 (Ecology, Economics, Education and Legislation), Albena, R. Bulgaria, pp. 1211-1218.
 - [12] Serafimovski, T., Nikolov, N., Konzulov, G., Tasev, G. and Sarafiloski, S., 2014. Influence of the Buchim copper leaching factory on the environ around the active Buchim copper mine. 14th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM, Conference Proceedings, Volume I (Ecology, Economics, Education and Legislation), Albena, R. Bulgaria, pp. 383-390.
 - [13] Stafilov, T., Balabanova, B., Šajn, R., Bačeva, K. and Boev, B., 2010. Geochemical Atlas of Radoviš and the environs and the distribution of heavy metals in the air. Faculty of Natural Sciences and Mathematics-Skopje; Faculty of Natural and Technical Sciences-Štip and Faculty of Agriculture-Štip. 88 p.